

Ciclo anual de actividad del caracol *Sphincterochila (Albea) candidissima* (Draparnaud, 1801) en un medio semiárido

Annual cycle of activity of the land-snail *Sphincterochila (Albea) candidissima* (Draparnaud, 1801) in a semi-arid environment

Gregorio MORENO-RUEDA* y Eloísa COLLANTES-MARTÍN**

Recibido el 12-X-2006. Aceptado el 15-IV-2007

RESUMEN

En el presente trabajo se estudian algunos aspectos del ciclo anual de actividad del caracol *Sphincterochila (Albea) candidissima* (Draparnaud, 1801) (Gastropoda, Sphincterochilidae) en un medio semiárido (Sierra Elvira, sudeste de España). Desde mayo de 2003 a mayo de 2004 se siguió la población en una parcela de 120 m². Los resultados muestran que este caracol tiene dos picos de actividad, en octubre y en marzo. En estos picos incrementa su masa corporal acumulando reservas para los períodos de inactividad. Un período de inactividad ocurre en invierno, cuando los caracoles se entierran bajo el suelo, presuntamente para evitar los efectos negativos del frío. Los ejemplares inmaduros fueron menos propensos a enterrarse que los adultos. Durante el verano los ejemplares de *S. candidissima* cambiaron el sustrato sobre el que se encontraban (normalmente tierra), al subirse a la vegetación. Este comportamiento, común en muchas especies, permite disminuir el calor que soporta el animal. Además, aumentó la frecuencia de ejemplares que estaban adheridos al sustrato por el peristoma. La adherencia del peristoma al sustrato probablemente disminuye las pérdidas hídricas por transpiración. En conclusión, las dinámicas anuales de comportamiento de este caracol parecen optimizadas para resistir a las situaciones climáticas extremas del medio que habita.

ABSTRACT

This work analyses some aspects of the annual cycle of the land-snail *Sphincterochila (Albea) candidissima* (Draparnaud, 1801) (Gastropoda, Sphincterochilidae) in a semi-arid environment (Sierra Elvira, SE Spain). A population was studied from May-2003 to May-2004, in a plot of 120 m². The findings show that this snail has two peaks of activity, in October and in March. The snails accumulate reserves during these peaks, for the inactivity periods. A period of inactivity occurred in winter, when snails buried into the soil, presumably to escape from the cold. Immature individuals were less prone to bury in the soil than adults. During the summer, individuals of *S. candidissima* changed the substrate on which they inhabit (usually bare soil), and climbed up the plants. This behaviour is common in many species, and it reduces exposure to heat. Moreover, the frequency of individuals adhered by the peristome to the substrate increased also in summer. Adhering to substrate probably diminishes the water loss by transpiration. In conclusion, annual dynamics of behaviour of this snail seem optimized in order to resist the extreme climatic conditions in the environment in which it dwells.

* Departamento de Biología Animal, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, E-18071, Granada (Spain). E-mail: gmr@ugr.es

** Escuela de Análisis Clínicos, Facultad de Farmacia, Universidad de Granada, Campus Universitario de La Cartuja, E-18071, Granada (Spain). E-mail: eloisac@ugr.es

PALABRAS CLAVE: medios áridos, *Sphincterochila candidissima*, ciclos anuales, masa corporal, diferencias ontogenéticas.

KEY WORDS: arid environments, *Sphincterochila candidissima*, annual cycles, body mass, ontogenetic differences.

INTRODUCCIÓN

Los medios áridos y semiáridos se caracterizan por una marcada escasez en la disponibilidad de agua, normalmente acompañada de una temperatura elevada. Se trata de medios en los que la vegetación es escasa, dispersa, de tipo esclerófilo, y de pequeño porte. La vida en estos medios está constreñida, por lo que la biodiversidad es escasa y las densidades de ejemplares son bajas (WAIDE ET AL., 1999). Para el caso de los gasterópodos terrestres el problema se acentúa, ya que la permeabilidad de su piel y su modo de desplazamiento sobre un trazo de mucus hace que sean especialmente proclives a la deshidratación (PRIOR, 1985; LUCHTEL Y DEYRUP-OLSEN, 2001). Como consecuencia, la diversidad y abundancia de gasterópodos terrestres es superior en zonas de mayor humedad (e.g., PORTS, 1996).

A pesar de la dificultad que afrontan los gasterópodos en los medios áridos y semiáridos, ciertas adaptaciones fisiológicas, morfológicas y de comportamiento permiten que algunas especies vivan en estos medios. Por ejemplo, el color blanco de la concha favorece la reflectancia de la luz solar, disminuyendo el grado de deshidratación (HEATH, 1975). Respecto a las adaptaciones conductuales, cuando el riesgo de deshidratación es mayor, los gasterópodos se refugian en microhábitats protectores, en un estado de dormancia, mientras que realizan sus actividades cuando las condiciones ambientales son más benévolas (COOK, 2001). En medios xéricos, cabe esperar que la elección del lugar adecuado para protegerse de la deshidratación, y del momento adecuado para estar activo, sea de crucial importancia para la supervivencia de los individuos.

En el presente trabajo se analizan algunos aspectos de la historia natural del

caracol *Sphincterochila (Albea) candidissima* (Draparnaud, 1801) (Gastropoda, Sphincterochilidae) en Sierra Elvira (sudeste de España). Sierra Elvira es una pequeña serranía calizo-dolomítica de 600-1100 metros de altitud, situada en la Vega de Granada. Esta sierra se encuentra en el piso bioclimático mesomediterráneo seco (RIVAS-MARTÍNEZ, 1981). La vegetación en la cara sur, donde habita *S. candidissima*, es escasa, y está dominada por esparto (*Stipa tenacissima*), romero (*Rosmarinus officinalis*) y pastizal. *Sphincterochila candidissima* es el caracol más abundante en Sierra Elvira (MORENO-RUEDA, 2002). Esta especie pertenece a la familia Sphincterochilidae (Zilch, 1960), que incluye caracoles propios de zonas desérticas con una gran resistencia a la deshidratación (ARAD, GOLDENBERG Y HELLER, 1989).

El objetivo principal de este estudio es estudiar su fenología a lo largo del año, las dinámicas de peso de la población y la variación anual en la elección de microhábitats donde los ejemplares son detectados.

METODOLOGÍA

El estudio se realizó desde mayo de 2003 a mayo de 2004, ambos meses inclusive, pero por motivos logísticos, no se pudo muestrear en septiembre. Se estableció una parcela de 120 m² (20 x 6 m.) en una zona con el hábitat típico de la especie, en la ladera sur, con escasa vegetación y alternancia de sustrato terroso y rocoso (véase MORENO-RUEDA, 2002). La parcela se dividió en 30 cuadrados de 4 m². Un día al mes la parcela era cuidadosamente prospectada en busca de ejemplares de *Sphincterochila candidissima*, comenzando la prospección a las 0:00 horas, e invirtiendo un

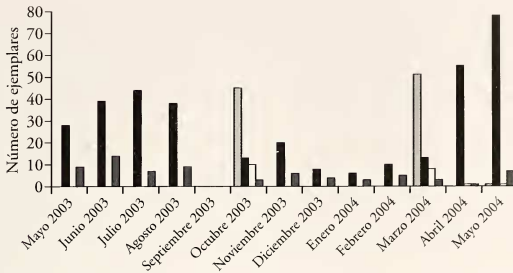


Figura 1. Número de ejemplares detectados en los muestreos a lo largo del estudio. En negro se muestran los adultos inactivos, en gris oscuro los inmaduros inactivos, en blanco los inmaduros activos y en gris claro los adultos activos.

Figure 1. Number of individuals detected during the study period. Black: inactive adults; dark grey: inactive immatures; white: active immatures; light grey: active adults.

máximo de 4 minutos de prospección en cada cuadrante. El muestreo solía terminar hacia las 4:00 horas. El esfuerzo de muestreo fue siempre constante a lo largo del estudio.

Cuando se encontraba un ejemplar, éste era pesado con una balanza electrónica portátil (precisión 1 gr.) y medido con un calibre digital (precisión 0,01 mm.), salvo que estuviese adherido al sustrato, en cuyo caso no era manipulado. Todas las medidas fueron tomadas por el mismo investigador (E.C.-M.). Se anotaba si el ejemplar era adulto o inmaduro. Los ejemplares adultos poseen un reborde en el peristoma que oblitera el ombligo (FECHTER Y FALKNER, 1993). Dentro de la categoría de "inmaduros" se incluyeron ejemplares subadultos con un tamaño de la concha similar al de los adultos, pero sin el ombligo cerrado. Para cada ejemplar registrado se anotó si estaba activo o inactivo. Se consideraron inactivos aquellos ejemplares cuyo cuerpo estaba recogido dentro de la concha y la apertura se encontraba sellada (total o parcialmente) por un epifragma, considerándose activos aquellos que no presentaban epifragma, con el cuerpo desplegado o no de la concha. También se anotó si los ejemplares estaban o no adheridos al sustrato por el peristoma, y

el tipo de sustrato sobre el que se encontraban, distinguiéndose entre roca, tierra y vegetación.

En los análisis de frecuencias se utilizó la χ^2 -cuadrado. El análisis de la variación en peso a lo largo del año se realizó con un Modelo General Lineal, con el mes como factor categórico, controlando estadísticamente por la altura y la anchura de la concha de los ejemplares encontrados, introducidas como covariables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Densidad de ejemplares detectados a lo largo del período de estudio

La densidad promedio de ejemplares localizados en la zona de estudio fue de 0,375 ind./m² (desviación típica: 0,215), pero la frecuencia de ejemplares encontrados difirió marcadamente entre meses (Fig. 1). El total de ejemplares localizados (n = 540) corresponde a un promedio de 45 ejemplares cada mes. Esta frecuencia media difirió significativamente de las frecuencias observadas ($\chi^2= 162,2$; p < 0,001; Fig. 1). Durante los meses desde octubre a enero, la frecuencia de ejemplares observados fue menor que el promedio. Estos resultados coinciden con los de un estudio anterior, realizado en

Tabla I. Modelo General Lineal que examina la variación del peso de los caracoles a lo largo del año de estudio (factor mes), controlando estadísticamente por la altura y anchura de la concha. $R = 0,63$; $R^2 = 0,40$; $F_{13, 299} = 15,20$; $p < 0,001$.

Table I. General Linear Model examining the body mass variation throughout the study period (month introduced as factor), controlling statistically for shell height and width. $R = 0.63$; $R^2 = 0.40$; $F_{13, 299} = 15.20$; $p < 0.001$.

| Efecto | g.l. | F | p |
|----------------|---------|-------|--------|
| Mes | 11, 299 | 8,8 | <0,001 |
| Altura concha | 1, 299 | 142,1 | <0,001 |
| Anchura concha | 1, 299 | 0,1 | 0,75 |

los años 2000-2001 en una parcela próxima (MORENO-RUEDA, 2007). En ese trabajo, la densidad de *S. candidissima* fue menor en las estaciones de otoño e invierno (octubre-marzo) que durante primavera y verano (MORENO-RUEDA, 2007). La principal causa de estas variaciones es que durante los períodos más fríos este caracol se entierra en el humus bajo las matas de romero, con la apertura cerrada por un epifragma bien formado (MORENO-RUEDA, 2007; y datos sin publicar). Presumiblemente, enterrarse bajo tierra permitiría sobrevivir mejor a los rigores del invierno, en el que puede haber nevadas y escarchas. No obstante, no puede descartarse que en las épocas más frías haya una mayor mortandad de ejemplares, contribuyendo al descenso de densidad detectado.

Es posible que a estas variaciones en densidad contribuya la dinámica poblacional de los ejemplares inmaduros. El 16,9 % de los ejemplares detectados a lo largo del estudio fueron inmaduros. No se detectaron nacimientos. La frecuencia de ejemplares inmaduros varió significativamente a lo largo del estudio ($\chi^2 = 24,4$; $p = 0,01$; Fig. 1). El único patrón que se detectó para esta variación es que el porcentaje de ejemplares inmaduros en la población disminuyó significativamente conforme aumentaba la densidad total de ejemplares encontrados ($r_s = -0,82$; $p < 0,001$; $n = 12$ meses). Una explicación para este resultado es que los ejemplares inmaduros tienen una tendencia menor a enterrarse en el humus para huir del frío que los ejemplares

adultos. Es posible que, debido a su menor tamaño, los ejemplares inmaduros puedan encontrar refugios adecuados contra el frío con mayor facilidad que los ejemplares adultos. Como prueba de ello, se encuentran activos en mayor frecuencia que los adultos en meses primaverales (abril y mayo, Fig. 1), y utilizan refugios más variados que los adultos (MORENO-RUEDA, 2007).

Patrones de actividad

La frecuencia de ejemplares activos/inactivos varió significativamente entre los meses de estudio ($\chi^2 = 375,5$; $p < 0,001$; Fig. 1). Se apreciaron dos momentos en los que *Sphincterochila candidissima* estuvo activo, uno en otoño de 2003 (mes de octubre), y otro en primavera (meses de marzo-mayo). Sólo en dos meses hubo más ejemplares activos que inactivos, en octubre de 2003 y marzo de 2004. Que los caracoles estén activos en primavera y otoño es lo más usual, incluso en lugares mucho más húmedos que Sierra Elvira (COOK, 2001). Sin embargo, otro caracol que coexiste con *S. candidissima* en Sierra Elvira, *Iberus gualtieranus*, está activo durante otoño e invierno, comenzando a estar con la llegada de la primavera (datos sin publicar). Como una posible explicación para estas diferencias en los patrones de actividad de estas dos especies, MORENO-RUEDA (2007) sugirió que *S. candidissima* podría ser más sensible al frío que *I. gualtieranus*. Aunque se analizaron los patrones de actividad de acuerdo con factores climáticos (obtenidos de la estación meteorológica de Pi-

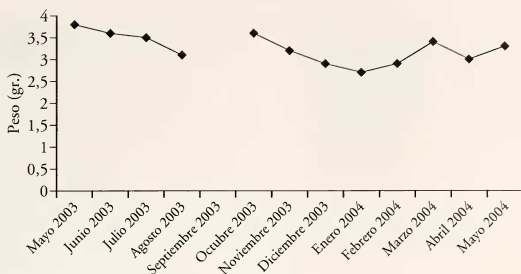


Figura 2. Peso promedio de los ejemplares adultos por mes.

Figure 2. Average weight of adult individuals per month.

nos Puente), no se detectó un efecto de ninguna variable climática sobre la actividad de esta especie (datos no mostrados). Es posible que el tamaño de muestra sea demasiado bajo para obtener una relación entre clima y actividad.

Variación de peso

Para examinar la variación de peso de los ejemplares a lo largo del período de estudio se consideraron sólo los ejemplares adultos. El peso promedio varió significativamente entre meses, incluso después de controlar por la anchura y altura de la concha (Tabla I; Fig. 2). Los meses en los que más pesaron los ejemplares coincidieron con los meses en que hubo picos de actividad (octubre y marzo; véanse Figuras 1 y 2). Después de estos meses el peso promedio de los ejemplares disminuyó lentamente. Aunque el peso también está muy influido por la cantidad de líquido que acumula el animal (e.g., YOM-TOV, 1971), este resultado sugiere que durante los picos de actividad los ejemplares de *S. candidissima* aumentan sus reservas, mientras que durante los meses de estivación e hibernación estas se van consumiendo poco a poco. Si por algún motivo el tiempo transcurrido entre dos picos de actividad se incrementase, esto podría tener consecuencias negativas para los ejemplares, cuyas reservas mermarían más de lo esperado, con un coste en términos de reproducción y/o supervivencia. El calentamiento global que se está

produciendo actualmente podría ocasionar que los picos de actividad se desplazaran, incrementando el tiempo de estivación, lo que podría provocar la extinción de poblaciones, especialmente las que habitan en los ambientes más extremos para los caracoles.

Comportamiento de adherencia al sustrato

Para examinar el comportamiento de adherencia sólo se consideraron ejemplares inactivos. El comportamiento de adherencia al sustrato se manifestó en esta especie principalmente en los meses desde abril a agosto (Fig. 3; $\chi^2 = 163,9$; $p < 0,001$), e implica la formación de un epifragma, por el cual se unen al sustrato. No hubo diferencias en el porcentaje de ejemplares adultos o inmaduros que estuvieron adheridos al sustrato (el 23,2% de los inmaduros, $n = 82$, y el 32,6% de los adultos, $n = 420$; $\chi^2 = 2,9$; $p = 0,09$). La ausencia de diferencias se mantuvo en un análisis mes a mes (datos no mostrados). Se ha propuesto que la adherencia al sustrato permite disminuir las pérdidas de agua por evapotranspiración, al permitir un mejor cierre de la abertura, por donde se pierde agua en la respiración (LUCHEL Y DEYRUP-OLSEN, 2001). Esto explicaría porqué en esta especie este comportamiento sólo ocurre durante los meses más cálidos de primavera y verano. Por tanto, la adherencia al sustrato parece ser una estrategia para el ahorro hídrico.

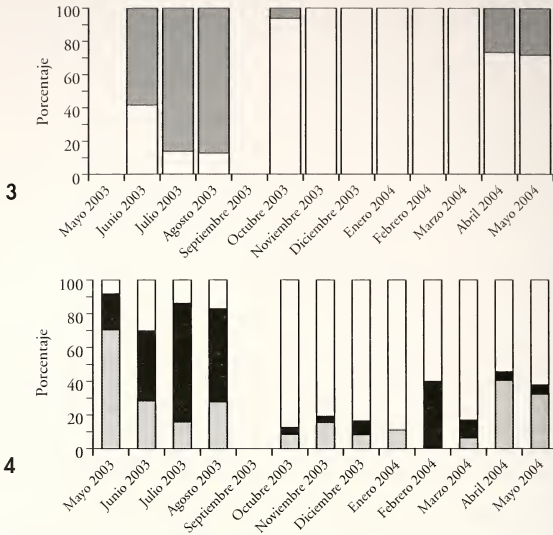


Figura 3. Porcentaje de ejemplares adheridos al sustrato por el peristoma (en gris) para cada mes. En blanco el porcentaje de ejemplares no adheridos al sustrato. No hubo datos para el mes de mayo-2003. Figura 4. Porcentaje de ejemplares encontrados sobre diferentes sustratos: blanco indica tierra, negro indica vegetación y gris indica roca. En ambas figuras el tamaño de muestra para cada mes se corresponde con el número de ejemplares encontrados (Fig. 1).

Figure 3. Percentage of individuals adhered (grey) or not adhered (white) to the substrate by the peristome, for each month. There were no data for May-2003. Figure 4. Percentage of individuals on the different substrates: bare soil (white), plants (black) and rock (grey). Sample size in both figures is the number of individuals showed in Figure 1.

Tipo de sustrato seleccionado

El tipo de sustrato seleccionado varió significativamente entre los meses de estudio ($\chi^2 = 264,1$; $p < 0,001$; Fig. 4). Los ejemplares fueron encontrados principalmente sobre suelo de tierra, pero de junio a agosto se detectaron mayoritariamente sobre la vegetación. No hubo diferencias significativas en el lugar en que se encontraron los ejemplares inmaduros y los adultos ($\chi^2 = 0,3$; $p = 0,88$; datos no mostrados). Estos resultados coinciden con los encontrados previamente en los años 2000-2001 (MORENO-RUEDA, 2007). En ese trabajo también se encontró que *Sphincterochila candidissima* se sube a la vegetación durante la esta-

ción de verano (pero no en primavera). Este comportamiento es frecuente en los caracoles, y probablemente sirve para disminuir la pérdida de agua, ya que la temperatura unos centímetros sobre el suelo (subidos en la vegetación) es menor que a nivel de suelo (JAREMOVIC Y ROLLO, 1979; COWIE, 1985; SLOW, GOODFRIEND Y WARD, 1993).

CONCLUSIONES GENERALES

Los resultados muestran que esta población tiene un patrón de actividad bimodal, con picos de actividad en otoño y primavera. Al menos durante el año de

estudio, estos picos de actividad mostraron una corta duración. Durante estos picos de actividad el peso de los ejemplares aumentó, presumiblemente al almacenar reservas para los períodos de inactividad. Los períodos de inactividad fueron dos, uno en verano (estivación) y otro en invierno (hibernación). Durante ambos períodos el peso de los ejemplares disminuyó lentamente. *Sphincterochila candidissima* mostró estrategias de comportamiento diferentes en ambos períodos de inactividad, presumiblemente encaminadas a minimizar el riesgo de muerte o al menos la pérdida de masa corporal. Durante el invierno la densidad de ejemplares detectada fue menor. Esto probablemente se debe a que los ejemplares se enterraron bajo tierra. Especialmente en verano (junio-agosto), los caracoles cambiaron el tipo de sustrato donde se encontraban, subiéndose a la vegetación. Esta estrategia les permitirá disminuir la temperatura que soportan,

ya que unos centímetros sobre el suelo la sensación térmica de calor es menor. Además, en esos meses de verano incrementó la frecuencia de ejemplares adheridos por el peristoma al sustrato. Este comportamiento presumiblemente disminuye la pérdida de agua por transpiración. Por tanto, *S. candidissima* parece tener un comportamiento que le permite estar bien adaptado al ambiente semiárido de Sierra Elvira. El momento idóneo para la actividad de esta especie en Sierra Elvira parece ser muy reducido, pero esta especie muestra diferentes comportamientos que le permiten sobrevivir tanto a los rigores del invierno, como a los rigores del verano.

AGRADECIMIENTOS

Los comentarios de José Arrébola y un revisor anónimo mejoraron el manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- ARAD, Z., GOLDENBERG, S. Y HELLER, J., 1989. Resistance to desiccation and distribution patterns in the land snail *Sphincterochila*. *Journal of Zoology*, 218: 353-364.
- COOK, A., 2001. Behavioural ecology: On doing the right thing, in the right place at the right time. In Barker, G.M. (Ed): *The Biology of Terrestrial Molluscs*. CAB International. Wallingford. Pp. 447-487.
- COWIE, R. H., 1985. Microhabitat choice and high temperature tolerance in the land snail *Theba pisana* (Mollusca: Gastropoda). *Journal of Zoology*, 207: 201-211.
- FECHTER, R. Y FALKNER, G., 1993. *Moluscos*. Blume. Barcelona.
- HEATH, D. J., 1975. Colour, sunlight and internal temperatures in the land-snail *Cepaea nemoralis* (L.). *Oecologia*, 19: 29-38.
- JAREMOVIC, R. Y ROLLO, C. D., 1979. Tree climbing by the snail *Cepaea nemoralis* (L.): a possible method for regulating temperature and hydration. *Canadian Journal of Zoology*, 57: 1010-1014.
- LUCHTEL, D. L. Y DEYRUP-OLSEN, I., 2001. Body wall: form and function. In Barker, G.M. (Ed): *The Biology of Terrestrial Molluscs*. CAB International. Wallingford. Pp. 147-178.
- MORENO-RUEDA, G., 2002. Selección de hábitat por *Iberus gualtierianus*, *Rumina decollata* y *Sphincterochila candidissima* (Gastropoda: Pulmonata) en una sierra del sureste español. *Iberus*, 20: 55-62.
- MORENO-RUEDA, G., 2007. Refuge selection by two sympatric species of arid-dwelling land-snails: Different adaptive strategies to achieve the same objective. *Journal of Arid Environments*, 68: 588-598.
- PORTS, M. A., 1996. Habitat affinities and distributions of land gastropods from the Ruby Mountains and East Humboldt range of Northeastern, Nevada. *Veliger*, 39: 335-341.
- PRIOR, D. J., 1985. Water-regulatory behaviour in terrestrial gastropods. *Biological Reviews*, 60: 403-424.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., 1981. Les étages bioclimatiques de la végétation de la Péninsule Iberique. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 37: 251-268.
- SLOTOW, R., GOODFRIEND, W. Y WARD, D., 1993. Shell colour polymorphism of the Negev desert landsnail, *Trochoides setzeni*: the importance of temperature and predation. *Journal of Arid Environments*, 24: 47-61.

- WAIDE, R. B., WILLIG, M. R., STEINER, C. F., MITTELBAUGH, G., GOUGH, L., DOBSON, S. I., JUDAY, G. P. & PARMENTER, R., 1999. The relationship between productivity and species richness. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 30: 257-300.
- YOM-TOV, Y., 1971. Annual fluctuations in the water content of desert snails. *Malacological Review*, 4: 121-126.